

Article, Published Version

**Roehle, Werner**

## **Der technische Fortschritt bei der Konstruktion und betrieblichen Ausbildung von Stahlwasserbauverschlüssen**

Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau

---

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/102845>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Roehle, Werner (1989): Der technische Fortschritt bei der Konstruktion und betrieblichen Ausbildung von Stahlwasserbauverschlüssen. In: Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau 65. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 117-140.

### **Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:**

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



DER TECHNISCHE FORTSCHRITT BEI DER KONSTRUKTION UND  
BETRIEBLICHEN AUSBILDUNG VON STAHLWASSERBAUVERSCHLÜSSEN

The development in structural and operational detailing  
of hydraulic steel structure gates



Dipl.-Ing. Werner Roehle, Direktor i. R. der Österreichischen Donaukraftwerke AG.

Jahrgang 1923; 1948 bis 1953 Studium an der Technischen Hochschule Wien und Konstrukteur bei Zivilingenieuren; 1953 bis 1955 Stahlbaukonstrukteur bei der Jochenstein AG; 1955 Leiter der Stahl- und Stahlwasserbauabteilung der Österreichischen Donaukraftwerke AG; 1964 Hauptabteilungsleiter (Stahlbau, Bauwirtschaft); 1969 Prokurist; 1974 Technischer Direktor. Seit 1962 auch freischaffender beratender Ingenieur; ab 1972 Sachverständiger und Schiedsrichter in nationalen und internationalen Schiedsgerichten. Vertreter Österreichs in verschiedenen internationalen Gremien und Gesellschaften.

Inhaltsangabe

Beginnend mit frühgeschichtlichen Schleusenverschlüssen wird der technische Fortschritt von Verschlussarten für Schleusen und Wehre dargestellt. Neben den Vor- und Nachteilen einzelner Verschlussarten werden Sonderkonstruktionen diskutiert.

Summary

Starting with lock gates in the early history the technical advance of gate types of locks and weirs are described. Besides the advantages and disadvantages of some gate types special gate versions are discussed.

<u>INHALT</u>	Seite
1 Frühgeschichtliche Schleusenverschlüsse	119
2 Anfänge des Stahlwasserbaus	122
3 Das Stemmtor	123
4 Weiterentwicklung der Verschlusarten	124
5 Verschuß-Konstruktionen an der Donau	130
6 Sonderkonstruktionen	133
7 Drehverschlüsse	135

Meine sehr geehrten Damen und Herren!

Bevor ich auf das Thema meines Referates eingehe, gestatten Sie mir bitte, der jubilierenden Bundesanstalt für Wasserbau in Karlsruhe und natürlich besonders ihren von mir sehr geschätzten Mitarbeitern meine herzlichsten Glückwünsche auszusprechen. Ich bin während meiner über 35 Jahre langen Ingenieurpraxis immer wieder auf das Wirken dieser Anstalt gestoßen, habe mit vielen ihrer Mitarbeiter zusammengearbeitet und aus deren Veröffentlichungen, Referaten und Vorträgen viele Anregungen für meine Arbeit erhalten. Neben den Glückwünschen möchte ich mich dafür herzlich bedanken. Es war mir daher nicht nur eine Auszeichnung, als Ausländer eingeladen zu werden und bei dieser festlichen Veranstaltung ein Grundsatzreferat zu halten, sondern auch eine wirkliche Freude, diese ehrenvolle Aufgabe zu übernehmen.

Der Stahlwasserbau und sein technischer Fortschritt, die ja das Thema meines Referates darstellen, stehen nicht nur in engem Zusammenhang mit dem Stahlbau und dem Wasserbau, sondern werden auch von anderen Ingenieursparten: Maschinenbau, Hydromechanik und Hydraulik, Grundbau und Stahlbetonbau, Chemie – soweit es Dichtungen, Lager, Schmierung und Korrosionsschutz – und Elektrotechnik – soweit es die Antriebe, deren Steuerung und die Heizung betrifft – und der Entwicklung auf diesen Gebieten beeinflußt.

Die schöpferische Leistung des Ingenieurs zeigt sich hier weniger durch bahnbrechende Erfindungen, als vielmehr durch die richtige Auswahl aus der Vielzahl der ihm bekannten Elemente und deren Vereinigung in einer sinnvollen, den Anforderungen optimal entsprechenden Konstruktion. Diese Anforderungen ergeben sich aus den Betriebsbedingungen. Diese muß der planende Stahlwasserbauer richtig einschätzen und mit diesem Wissen Verschluß, Antrieb, Steuerung, Einbindung in das Bauwerk und die entsprechende Ausrüstung festlegen.

Aus dieser komplexen Aufgabenstellung werde ich den Fortschritt bei den Verschlußausbildungen herausgreifen und auf den Zusammenhang mit den Betriebsanforderungen hinweisen. Soweit wie möglich werde ich dabei auch die zeitliche Reihenfolge der Entwicklung beachten.

## 1 Frühgeschichtliche Schleusenverschlüsse

Fangen wir also im Jahre 5000 v. Chr. an: es gab angeblich bereits Stahl in Ägypten, China und Indien, doch wurde er wohl nur für Wagenachsen, Pfeilspitzen und dgl. verwendet. In Babylonien gab es schon 2000 Jahre vor den ägyptischen Pyramiden einen großangelegten, sinnvollen Wasserbau. Die Überschwemmungen des Euphrat ermöglichten den Bau von Rückhaltebecken und -seen, Kanäle sorgten für Bewässerung. Dieser Zwang zum Wasserbau war der Ursprung auch der ersten Stadtstaaten wie Ur und Babylon (mit seinen hängenden Gärten). In Ägypten grub man an einem Kanal vom Nil zum Roten Meer. Es gab also Stahl und Wasserbau, sicherlich auch Verschlüsse, aber wohl noch keinen Stahlwasserbau.

Auch 6000 Jahre später – also um die Jahrtausendwende – sie sehen, ich beile mich – gab es wenig anderes in Europa: Karl der Große baute seine "fossa carolingis", den ersten Rhein-Main-Donaukanal und ließ seine mit Kriegswerkzeug beladenen Boote über die Wasserscheide zwischen Main- und Donauregion verkehren. Bergauf wurden sie auf Karren gezogen, bergab schwammen sie auf Schwallwellen, die durch plötzliches Öffnen von Stauhaltungen erzeugt wurden.



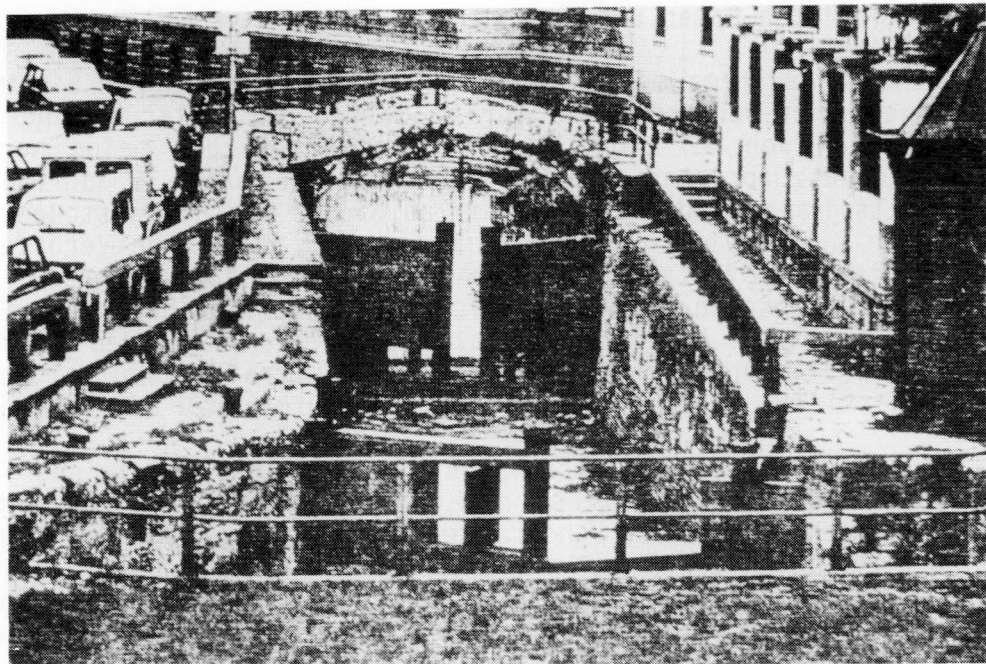


Bild 1: Schleuse von Leonardo da Vinci

Es muß also schon verhältnismäßig große Wasserbauverschlüsse gegeben haben. Ihre Funktion, Form und Größe ist uns nicht bekannt. Es gab auch bereits Sielverschlüsse in den Dämmen Norddeutschlands - zum Beispiel an der Jade. In einem 1897 erschienenen Buch ist zu lesen, daß der Bohrwurm den Erhalten solcher Anlagen große Schwierigkeiten machte. Er scheint also den Stahlwasserbau günstig beeinflußt zu haben.

Wenn wir schnell weitere 500 Jahre überspringen, stoßen wir auf einen gewissen Leonardo da Vinci, um den ja keiner herumkommt, der sich mit technischen Entwicklungen befaßt. Für die von ihm entworfene Dekoration des triumphalen Einzugs von König Ludwig XII in Mailand - wir sind bereits im Jahre 1509 - erhielt er eine "Strecke Wasser im Naviglio", wo er eine bewunderungswürdige auch heute noch erhaltene Schleuse und einen Stapelplatz baute.

Auf den Bildern 1 und 2 erkennt man das hölzerne Stemmtor und die zur Füllung bzw. Entleerung der Kammer in diesem Tor eingebaute Drehtüre mit zwei verschieden langen Flügelhälften. Sie wird durch einen Hebelmechanismus geschlossen gehalten und öffnet sich - nach Beseitigung des Hebels - selbsttätig durch den Wasserdruck. Auf diesen Bildern und aus den Skizzen aus Leonardos "Codice atlantico" sieht man, daß der Stahl schon eine größere Rolle spielte. Da mir keine älteren, ähnlichen Verschlüsse bekannt sind, erkläre ich dieses Stemmtor des Leonardo offiziell zu einer der vorerwähnten Grundformen, von denen aus ich die Entwicklung des Stahlwasserbaues schildern will.

Die Bilder zeigen, daß Schleusenkammern und die sie begrenzenden Tore und Verschlüsse sowie der Schleusungsvorgang selbst bekannt waren.

Bei den meisten dieser Anlagen ist es nicht notwendig, diese Tore gegen Wasserdruck zu bewegen. Dies ermöglicht die auch heute noch beliebte Anord-

nung von Stemmtoren, die sich aus diesem Leonardischen weiter entwickelt haben. (Er hat es aber nicht erfunden).

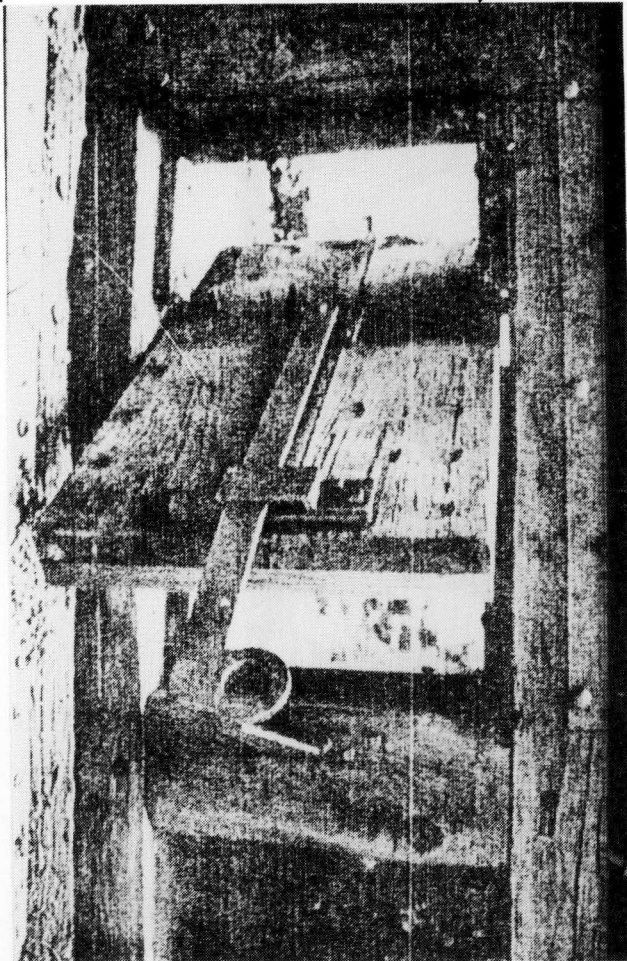


Bild 2: Drehtür im Stemmtor als Verschlußorgang

Ein Stemmtor nimmt, seinen Namen entsprechend, den Wasserdruck auf, indem sich die beiden Torflügel in ihrer geschlossenen Position gegeneinander stemmen und sich auf ihrer anderen Seite gegen das Mauerwerk abstützen. Nur in dieser Position ist es in der Lage, horizontale Kräfte, also den Wasserdruck aufzunehmen und abzuleiten. Es wird nach Ausspiegelung wie eine Tür geöffnet, um die Schiffsdurchfahrt zu ermöglichen. Bei dieser Bewegung (und auch beim Schließen) sind nur verhältnismäßig geringe Widerstände (Lagerreibung, Wind und Wasserwiderstand, nicht Wasserdruck) zu überwinden. Wie eine Windfahne wird der Torflügel in seiner vertikalen Lage an einer Drehsäule gehalten, die sich oben mit einem Halslager und unten mit einem Spurlager gegen das Mauerwerk abstützt. Der sogenannte "Dreigelenkbogen" ist ein statisch-bestimmtes, klares System. Die Elastizität des Holzes und das vorhandene Lagerspiel erlaubte eine ausreichende Dichtheit. Die etwas hochgezogene Stemmsäule und die am Bild dort sichtbare Öse dient zum Einhängen einer Stange oder einer Kette, um das Tor bewegen zu können.

Dieses ziemlich bekannte Bild einer alten Kesselschleuse aus der Zeit Leonardos (Bild 3) zeigt den damaligen Stand des Schleusenverschlußbaues.

Hölzerne Stemmtore waren lange Zeit im Einsatz, da kein Bedarf für größere Spannweiten und Verschußhöhen gegeben war. In der Wasserwechselzone faulten sie aber schnell.

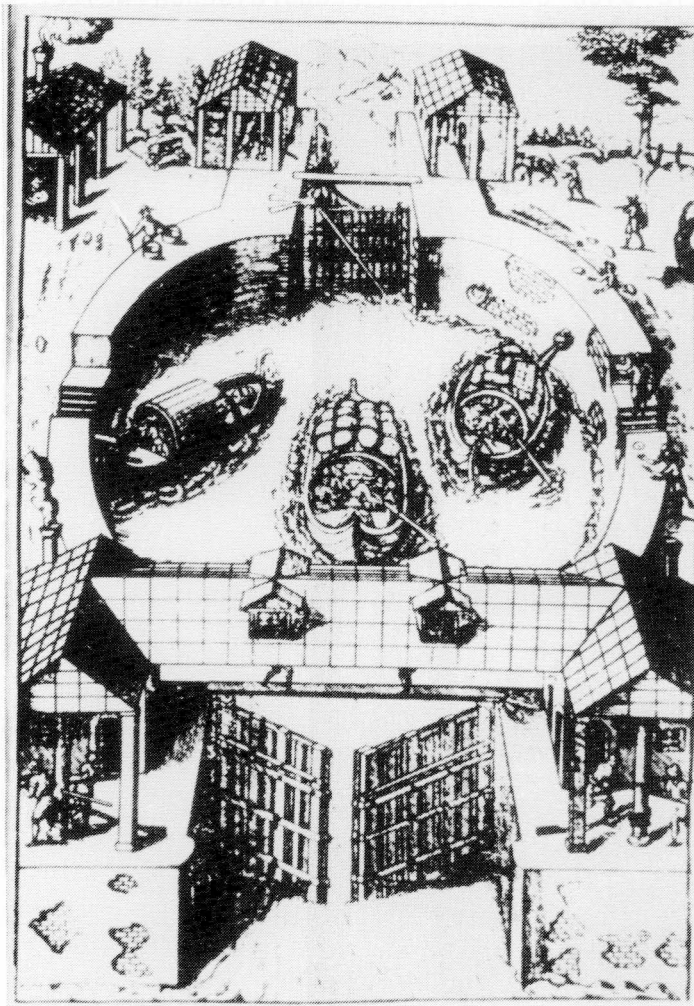


Bild 3: Kesselschleuse aus der Zeit Leonards

Bis vor hundert Jahren baute man Stemmtore aus Holz bis maximal 4 bis 5 m Spiegelunterschied. Waren größere Höhen zu überwinden, dann wurden oft Koppelschleusen angeordnet, bei denen das Untertor der einen Schleuse das Obertor der nachfolgenden bildete.

Auch heute werden, meines Wissens, bei Projekten in Entwicklungsländern aus den an Ort und Stelle vorhandenen Holzarten verhältnismäßig große Torflügel errichtet, wobei die bewährten Holzverbindungen angewendet werden und der Stahl eine unterstützende Rolle spielt. Seit Leonardo hat sich an der Grundkonzeption aber nicht allzuviel geändert: Füll- und Entleerungsschütze im Tor sind heute meist Flachschtütze, in USA häufig Segmente. Alle aber werden von einem auf dem obersten Torriegel angeordneten Antrieb mittels einer Hubstange bewegt.

## 2 Anfänge des Stahlwasserbaus

Rufen wir uns die Entwicklung des Stahls in Erinnerung: Schon im 16. Jahrhundert gab es Hochöfen, die mit Holzkohle geheizt wurden. 1740 wurden in Derby in England Hochöfen, bereits mit Koks beheizt; 1820 gab es bereits gewalzte Eisenbahnschienen.



Als der Stahl durch das Wirken Bessemers, Martins und von Siemens in den letzten Jahrzehnten des vorigen Jahrhunderts in Massen erzeugt werden konnte, billiger wurde, und auch Walzware – also Bleche und Profilstahl – ein immer größeres Anwendungsgebiet fanden und daher auch in vielen Dimensionen ausgewalzt wurden löste die Stahlkonstruktion nun auch im Wasserbau die bis dahin dominierende Holzkonstruktion ab. Vorerst ersetzte man die Holztore durch stählerne und paßte sich bei Neubauten den Dimensionen und Konstruktionen des Holzbaues an – schließlich waren die ersten Autos ja auch nur motorisierte Pferdedroschken.

Dann erkannte man aber sehr schnell die konstruktiven Möglichkeiten, die das neue Material erschloß. Schiffe und damit Schleusen wurden größer, man baute neue Kanäle; die alten Hammerwerke, getrieben von abgeleiteten Bächen, wurden langsam elektrifiziert. Der vergrößerte Energiebedarf erschloß immer neue Möglichkeiten. Der Stahlwasserbau hielt bei dieser Entwicklung mit.

Die weltweite Erschließung der Wasserkräfte begann und forderte von den Stahlwasserbauern große Wehr- und Schleusenverschlüsse; der gesteigerte Binnenschiffsverkehr führte zur Entwicklung auch von Schiffseisenbahnen, Hebewerken und Schiffsaufzügen.

### 3 Das Stemmtor

Kehren wir zurück zu den Stemmtoren der ersten Stahlzeit. Aus betrieblichen Gründen wird auch heute noch die Torstärke über die ganze Torhöhe unverändert beibehalten. Während man bei den kleineren Holztoren einen oberen, einen unteren und ein bis zwei mittlere Riegel vorsah, deren Abstand symmetrisch war und deren Dimensionierung sich nach dem stärkstbeanspruchten Riegel richtete, konnte man sich dies bei den nun größeren Abmessungen der Tore und dem teuren Material nicht mehr leisten. Hinzu kam, daß anfänglich die Belastbarkeit der Stahlprofile nur von ihrer Höhe abhing und Variationen der Flanschabmessungen noch selten waren. Um diese Belastbarkeit auszunützen, mußte der Trägerabstand dem Wasserdruck angepaßt werden. Auch die bisher übliche, kontinuierlich über die ganze Torhöhe verteilte Lastabgabe war nicht mehr notwendig. Stahlgußplatten und -knaggen machten es möglich, den großen Stemmdruck punktförmig abzutragen. Dies ist auch heute noch üblich.

Vor ca. 30 Jahren war noch der elektromechanische Schubkurbelantrieb mit der charakteristischen, federnd gelagerten Schub- und Zugstange durchaus üblich (Bild 4). Um einen kraftsparenden, längeren Hebelarm zu erreichen, wurde der Angriffspunkt möglichst weit zur Flügelmitte verlegt. Damit aber bildete diese Stange ein lohnendes Ziel für zu spät abgebremste Schiffe, was seit dem Übergang von der händischen Schiffssteuerung zur pneumatischen öfter vorkommt. Bei den heute üblichen ölhydraulischen Plunger- oder Kolbenantrieben spielt die Größe der Antriebskraft keine wesentliche Rolle, wohl aber die Torsionssteifigkeit des Tores bei all diesen am obersten Riegel angreifenden Kräften (Bild 5). Neben vielen anderen Vorteilen, die eine glatte Wand am Verschluß bildet, ist die doppelte Beplankung des Stemmtores auch aus diesem statischen Grund günstig, wenn auch aufwendig.

Alle weiteren Verschlußarten mit Ausnahme des erst am Schluß behandelten Schiebetores, können im Gegensatz zum Stemmtor gegen Strömung und Wasserdruck bewegt werden.

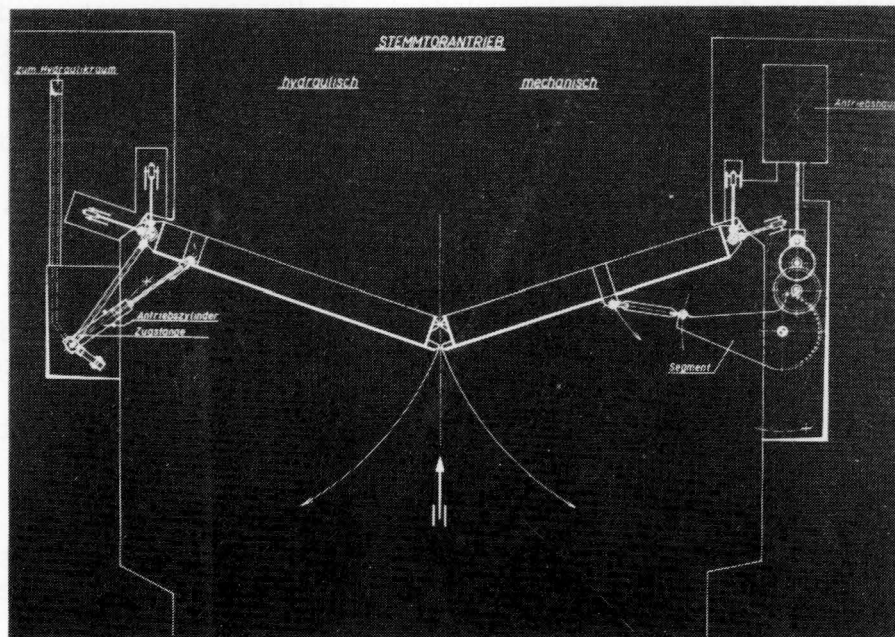


Bild 4: Stemmtorantrieb, hydraulisch und mechanisch (Schema)

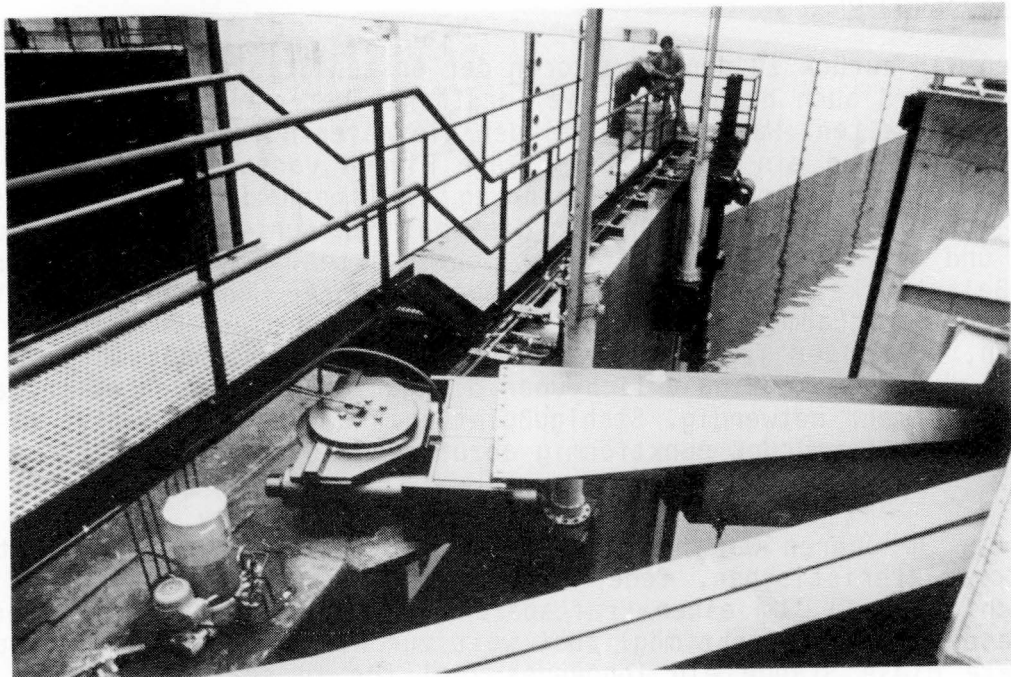


Bild 5: Stemmtor mit Ölhydraulikantrieb

#### 4 Weiterentwicklungen der Verschlussarten

Von allen diesen ist das einfache Hubtor wohl das Älteste (Bild 6). In seiner Urform war es eine aus Brettern gefügte Fläche, die durch vertikale Pfosten zusammengehalten und versteift wurde. Dieser sehr flache Verschluss wurde meist von einem über dem Gerinne und dem Verschluss liegenden Steg mittig mit einfachen Hubmitteln bewegt. Diese einfachen Konstruktionen sind auch heute noch bei kleineren Werkskanälen in Funktion.

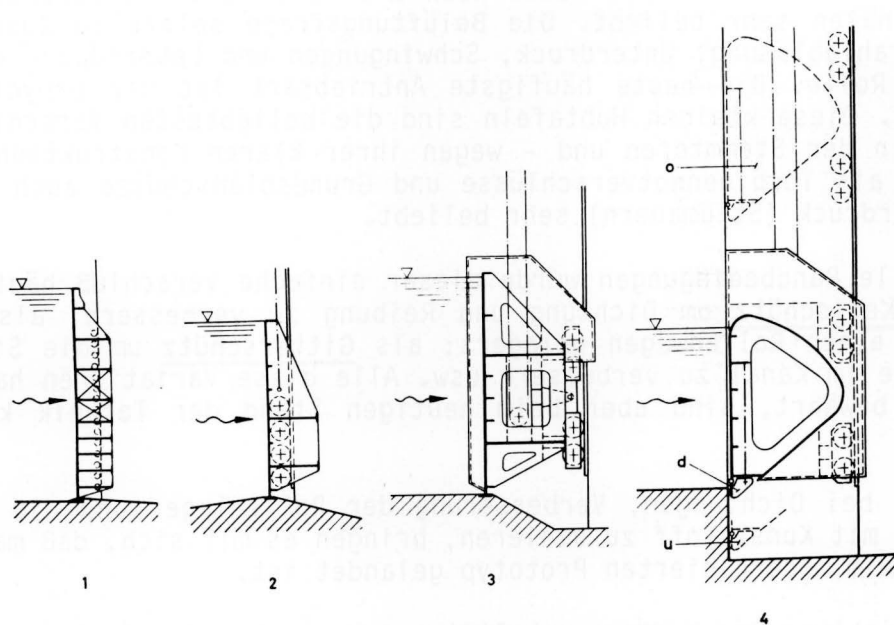


Bild 6: Hubtor (Schema)

Falls bei größeren Breiten ein beidseitiger Antrieb erforderlich ist, um ein Verkanten des Verschlusses in seinen Führungen zu vermeiden, so wird die Horizontalstellung durch einen erzwungenen Gleichlauf der Antriebe mittels einer mechanischen Welle gesichert. Aus diesen Holzkonstruktionen entwickelte sich eine Stahlkonstruktion, das Flachschütz (Bild 7). Je nach Größe des gesamten Wasserdruckes auf das Schütz erfolgt seine Lagerung als Gleitschütz oder Rollschütz. Die wesentlich geringere Reibung bei letzterem erlaubt eine geringere Antriebskraft.

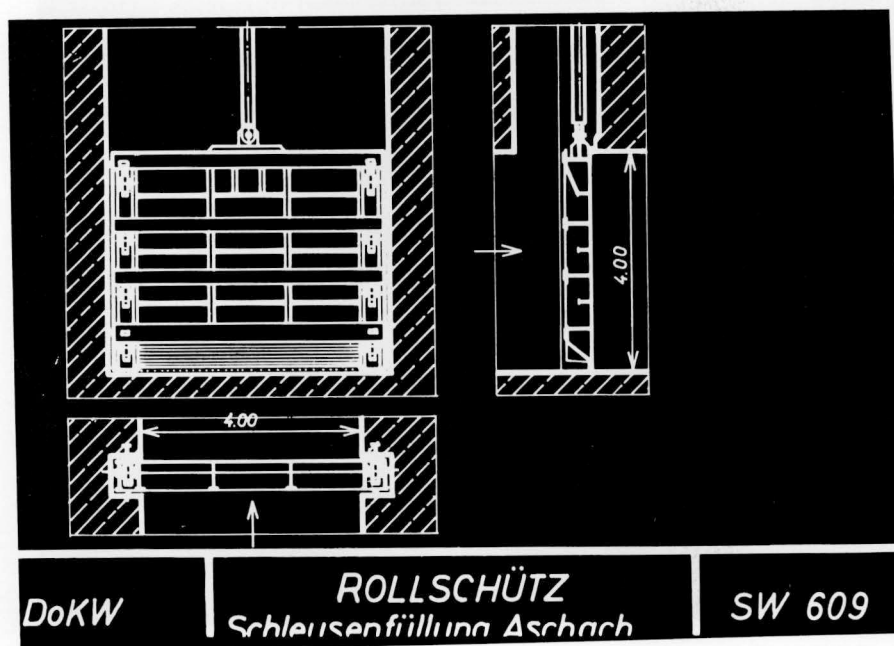


Bild 7: Rollschütz als Flachschütz (Schema)

Diese Flachschiebe sind auch heute noch als Füll- und Entleerungsorgan in Schleusenkanälen sehr beliebt. Die Belüftungsfrage spielt in Zusammenhang mit der Strahlablösung, Unterdruck, Schwingungen und Lebensdauer eine entscheidende Rolle. Die heute häufigste Antriebsart ist der ölhydraulische Hubzylinder. Diese kleinen Hubtafeln sind die beliebtesten Verschlüsse der Öffnungen in den Stemmtoeren und - wegen ihrer klaren Konstruktion und Robustheit - als Turbinennotverschlüsse und Grundablaßschütze auch bei sehr hohem Wasserdruck (Staumauern) sehr beliebt.

Für spezielle Randbedingungen wurde dieser einfache Verschluß häufig variiert: als Keilschütz um Dichtung und Reibung zu verbessern; als Stoney-Schütz auf einen Rollenwagen gelagert; als Gitterschütz um die Strömungsverhältnisse im Kanal zu verbessern usw. Alle diese Variationen haben sich seinerzeit bewährt, sind aber beim heutigen Stand der Technik kaum mehr notwendig.

Kunststoffe bei Dichtungen, Verbesserung der Rollenlager und die Möglichkeit, Beton mit Kunststoff zu sanieren, bringen es mit sich, daß man wieder sozusagen beim modernisierten Prototyp gelandet ist.

In die Entwicklung der Hubtore schaltete sich - mehr oder weniger langlebig - das Walzenwehr ein (Bild 8). Die Torsionssteifigkeit dieser rohrähnlichen Konstruktionen minimierte alle Gleichlaufprobleme bei beidseitigen Antrieben. Der Steg über dem Wehr als Auflager der mechanischen Welle konnte entfallen. Es gab auch einseitig angetriebene Walzen. Dichtungs- und Krafteinleitungsprobleme, wie sie später bei der Verfeinerung der Hub- und Senktore auftraten, gab es bei diesem ideal-robusten Verschluß nicht. Er ist das Vorbild für die bekannten torsionssteifen Fischbauchträger der später zu besprechenden Klappen.

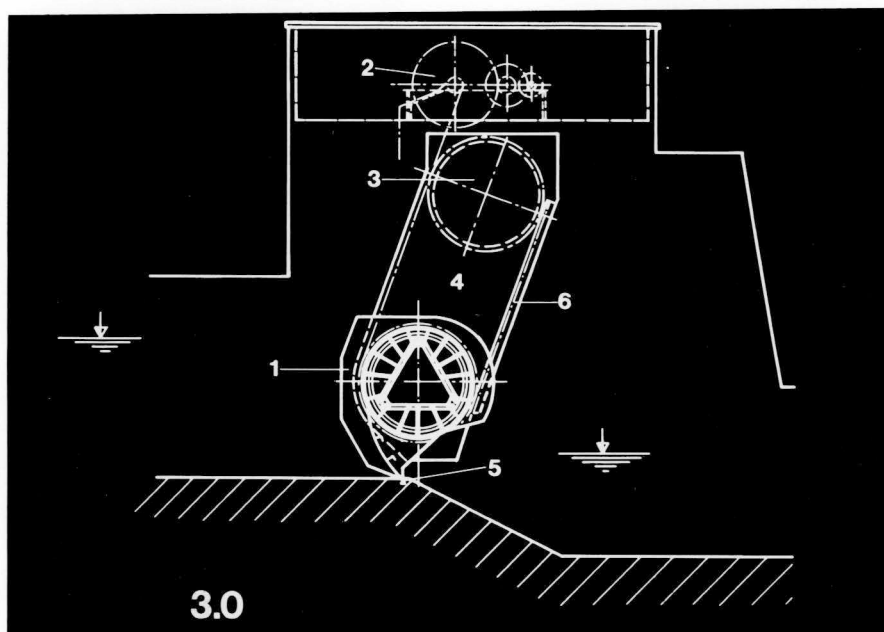


Bild 8: Walzenwehr (Schema)



Zur Stauregelung und zum Abführen von Geschwemmsel – die Hauptaufgaben der Wehrverschlüsse – ist es notwendig, den Verschuß für einen Überfallstrahl geeignet auszuführen und ihn unter den Stauspiegel absenken zu können. Die auf einer schrägen Rollbahn meist auf liegenden Zahnstangen bewegte Walze war wohl einer der ersten absenkbaren Großverschlüsse. Hinsichtlich seiner Robustheit fand er keinen Nachfolger; seiner Höhe aber war eine Grenze gesetzt, da diese ja dem Durchmesser des Rohres entspricht. Fast unvermeidbare Schwingungen, bedingt durch die ungünstige Strahlablösung, beendeten die Karriere dieses Verschlusses.

Mit der Entwicklung des Stahlbaues wurde auch das vertikal bewegte einteilige Hubtor bei großen Spannweiten und Verschußhöhen entwickelt und als solches vorwiegend – das Stemmter ersetzend – im Unterhaupt von Schleusen eingesetzt (Bild 9). Besonders dort, wo mit Bewegungen der Mauerblöcke zu rechnen war, also zum Beispiel in Bergsenkungsgebieten, vermied man das dagegen empfindliche Stemmter. Sein großer Nachteil ist der lange Hubweg zur Freigabe der Schiffsdurchfahrt, auch wenn sein Eigengewicht durch Gegengewichte weitgehend ausgeglichen werden kann. Der unschöne Anblick in geöffneter Stellung und die immer sichtbaren hohen Aufbauten werden in der heute hinsichtlich Landschaftsschutz sensibilisierten Zeit kaum mehr das Wasserrechtsverfahren überstehen.

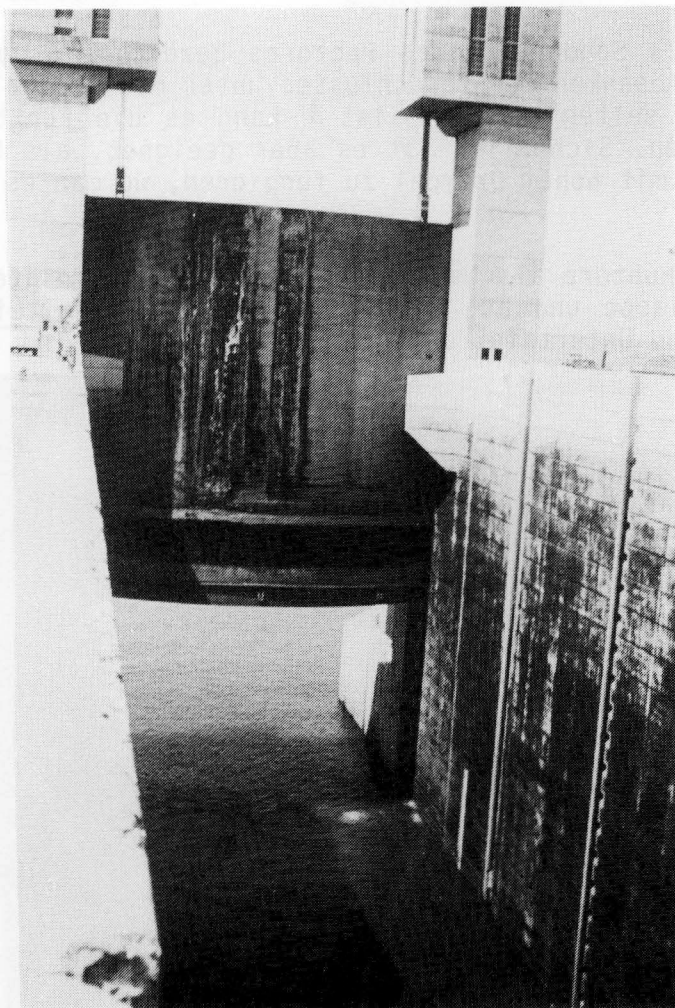


Bild 9: Einteiliges Hubtor an Schleuse Ice-Harbor (USA)

Bei größeren Spannweiten und Belastungen dieser Hubtore - und das gilt auch für die später besprochenen Hub-Senktore - werden auch die Nischen in den Randmauern ziemlich tief, um dort die Kräfte in den Baukörper einleiten zu können. Natürlich ist auch bei so großen Verschlüssen ein beidseitiger Antrieb erforderlich. Da aus allen möglichen Gründen die Horizontalstellung des Verschlusses, also der Gleichlauf der beiden Antriebshälften, unbedingt gesichert sein muß, wurde die bisher ausreichende mechanische Welle seit über 30 Jahren meist durch die elektrische Welle ersetzt. Zusätzliche Elektromotoren halten die Drehzahl auch bei ungleichmäßiger Belastung der Antriebshälften (einseitige Verklemmungen etc.) synchron und erlauben es, durch ihre zusätzliche Kraft einseitige Hindernisse zu überwinden. Das allerdings macht es wieder notwendig, diese zu kontrollieren und in jenen Grenzen zu halten, die dem Antriebsmittel (Kette) bzw. der Verschlusshängung entsprechen. Als Kraftmesser und Begrenzer hat sich die bekannte Kraftmeßdose, die vor über dreißig Jahren in den Stahlwasserbau eingeführt wurde, bestens bewährt.

Da das einteilige Hubtor zur Geschwemmsel- und Eisabfuhr nicht abgesenkt werden kann, kommt es als Wehrverschluß nur dort zur Anwendung, wo es einen hohen Wehrdrempel krönt. Der beim Anheben des Tores entstehende Schußstrahl kann als Überfallstrahl über den entsprechend geformten Drempel bezeichnet werden. Spülrinnen erlauben bei diesen Anlagen die Geschwemmselabfuhr.

Das Senktor kann man als Sonderform des Hubtores bezeichnen. Dort wo die Anlageverhältnisse ein Absenken des Verschlusses unter die Drempelkante erlauben - was aber sehr selten der Fall ist - kann es die Funktion eines Wehrverschlusses erfüllen. Sicherlich ist es aber geeignet, als Oberhauptverschluß von Schleusen mit hohem Drempel zu fungieren, wo man es auch häufig anwendet.

In der Entwicklung der Hubtore als Wehrverschluß in Europa folgte das Hubtor mit aufgesetzter Klappe und aus diesem wiederum das zweiteilige Hub-Senktor, dessen Ober- und Untertafel unabhängig angetrieben sind (Bild 10).

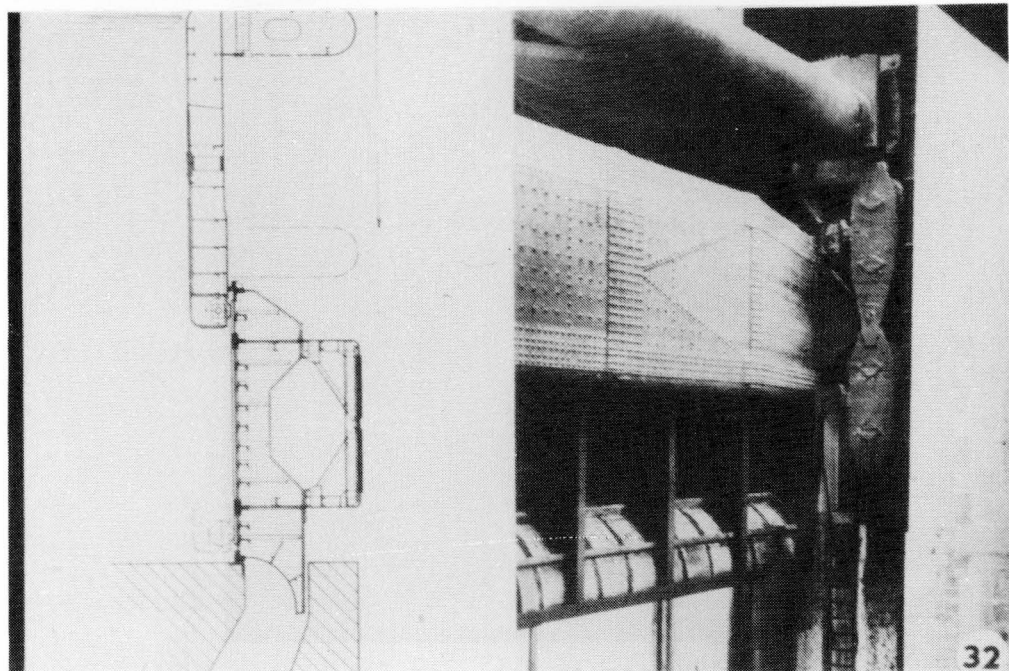


Bild 10: Hub-Senktor, Schema und Bild

Sein Prototyp ist das sehr bekanntgewordene MAN-Hakendoppelschütz, wie es auch im Wehr des Kachletwerkes Ende der Zwanziger Jahre zur Anwendung kam. Die größte Entwicklungsmöglichkeit fand diese Verschlussart beim Ausbau der österreichischen Donau.

Den bereits geschilderten Nachteilen - tiefe Nischen, Gleichlaufprobleme beim Antrieb - stehen viele Vorteile gegenüber:

- Durch das Zusammenspiel von Überfallstrahl und Schußstrahl ist eine Feinregulierung des Wasserstandes möglich (wobei die Energieumwandlung im Tosbecken durch das Aufeinanderprallen der beiden Strahlen erleichtert wird). Gegenüber der Klappe weist die dem Überfallstrahl in allen Absenkstellungen ideal angepaßte Hakenform das größtmögliche Abfuhrvermögen auf und erlaubt es, die Druck- und Sogkräfte zu optimieren.
- Die tiefen Mauernischen sorgen für die sehr wichtige ausreichende Belüftung des Strahles.
- Die große Absenkfähigkeit der Obertafel - bis zu 45 % der Verschlusshöhe - erlaubt es bis zu hohen Wasserführungen, das Überschußwasser ohne kolkbildenden Schußstrahl abzuführen und ist ideal für eine Eisabfuhr. (Durch Schnellabsenkung kann bei einem plötzlichen Turbinenausfall binnen kurzer Zeit die Turbinenwassermenge über die Wehrverschlüsse abgeführt und damit gefährliche Sunk- und Schwallerscheinungen vermieden werden.)
- Die für den Gleichlauf nachteilige geringe Torsionssteifigkeit ist für die gleichmäßige Lastübertragung auf die Laufwagen und -rollen ein entscheidender Vorteil. Es herrschen klare statische Verhältnisse.
- Alle Teile sind gut zugänglich. Die im Winterbetrieb so wichtigen Dichtungen können in geschützten Bereichen gut wirkend angeordnet und beheizbar ausgebildet werden.
- Die Zusammenschiebbarkeit zu einer minimalen Pakethöhe (55 % der Verschlusshöhe) machen wesentlich niedrigere Aufbauten notwendig als sie für Hubtore erforderlich sind.

Um die Länge einer Kraftwerksanlage in schiffbaren Flüssen möglichst gering zu halten - was oft entscheidend für den Standort, aber auf jeden Fall auch kostensparend ist - zieht man die Schleusenkammern zur Abfuhr eines Katastrophenhochwassers mit heran. Hierzu ist es einerseits notwendig, den Dremmel des Oberhauptverschlusses möglichst tief zu legen, um einen großen Durchflußquerschnitt zu erhalten, und andererseits muß einer der beiden Kammerverschlüsse wie ein Wehrverschluß gegen Strömung und Wasserdruck bewegt werden können. Ebenso naheliegend ist es, diesen Verschluß dann auch zur Füllung oder Entleerung heranzuziehen und auszubilden. Einen Oberhauptverschluß der diesen Forderungen entspricht (Jochenstein/Donau) zeigt das Bild 11. Beim Anheben der Untertafel strömt die Füllwassermenge über eine Energieumwandlungsanlage (Toskammer) in die Schleusenkammer ein. Nach Auspiegelung wird die Obertafel zur Schiffseinfahrt abgesenkt.

Die Hochwasserabfuhr erfolgt durch Hochziehen des zusammengeschobenen Verschlußpaketes über den Durchflußwasserspiegel. Bei dieser gewollten Durchströmung der Schleusenkammer ist es notwendig, auch das Verhalten des anderen Verschlusses, meist ein Stemmtor, zu beachten, also dieses zum Beispiel in seiner Nische festzuhalten.

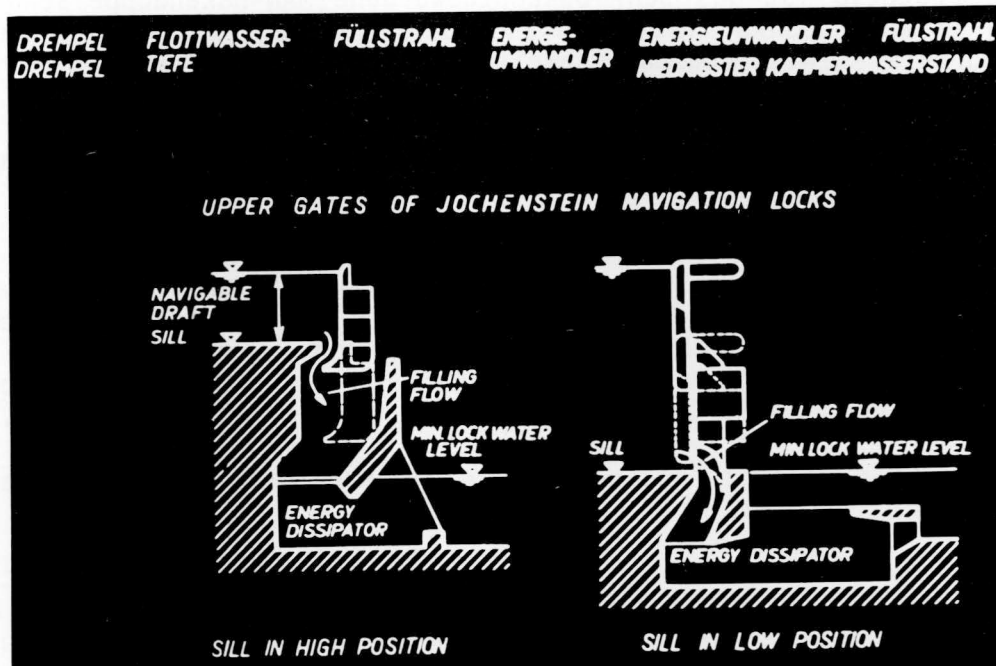


Bild 11: Hub-Sektor der Schleuse Jochenstein

## 5 Verschuß-Konstruktionen an der Donau

Bei den nachfolgend dargestellten Konstruktionen an der österreichischen Donau hatte man dazugelernt. Die Hochwasserabfuhr durch die Schleuse ist kein stahlwasserbauliches Problem mehr (Bilder 10 und 11).

Wegen der an der Untertafel exzentrisch angreifenden Kräfte wurde bereits in Jochenstein diese als geschlossener, torsionssteifer Kastenträger ausgebildet. Hierdurch gewinnt zwar der Verschuß an Steifigkeit, mir schien aber die gleichmäßige Belastung der Laufrollen dadurch gefährdet. Gleich nach Stauerrichtung bei der sehr ähnlich ausgebildeten Schleuse Ybbs ließ ich mit über 120 Meßstellen mit den damals (1957) üblichen Dehnungsmeßstreifen das Tragverhalten der Untertafel feststellen. Es war befriedigend und meine Besorgnisse waren unbegründet. Ich erwähne dies aber deshalb, weil diese Messungen später ein wissenschaftlicher Schatz wurden, als bei dem genieteten Verschuß Risse auftraten und wir die Ursache zu ergründen hatten.

Ein Nachteil dieser als Oberhauptverschuß einer hochwasserabführenden Schleuse idealen Konstruktion sind die bei elektromechanischen Antrieben notwendigen Gall'schen Ketten und die selbsthemmende Schnecke. Bei den Ketten ist es die häufige Flexur unter Last zwischen Bolzen und Laschenbohrung und bei der Schnecke die Notwendigkeit, über 50 % der Kraft durch Reibung an den Schneckenflanken in Wärme umzusetzen, um damit den Zweck der Selbsthemmung zu erreichen.

Die Bewährung des ölhydraulischen Kolbenantriebes bei anderen Verschlüssen ermunterte zu Überlegungen, diesen auch hier anzuwenden. Die größte Unsicherheit und Schwierigkeit war hierbei die bereits mehrfach erwähnte unbedingte Forderung nach einem absolut sicheren Gleichlauf beider Antriebsseiten. Eine Toleranz von 3 cm entspricht einer Hubzeit von 1,5 Sekunden. Die



im Rahmen des Donauausbaues mit großer Akribie betriebene Entwicklung, wobei bekanntgewordene schlechte und gute Erfahrungen bei anderen Anlagen und viele Großversuche im Bereich der eigenen Anlagen diese unterstützten, ermöglichte es, daß vor 15 Jahren bereits eine tadellos funktionierende und ohne jegliche Beanstandung bis heute arbeitende Steuerung in Betrieb genommen wurde und seither bei allen weiteren Anlagen zur Ausführung kam.

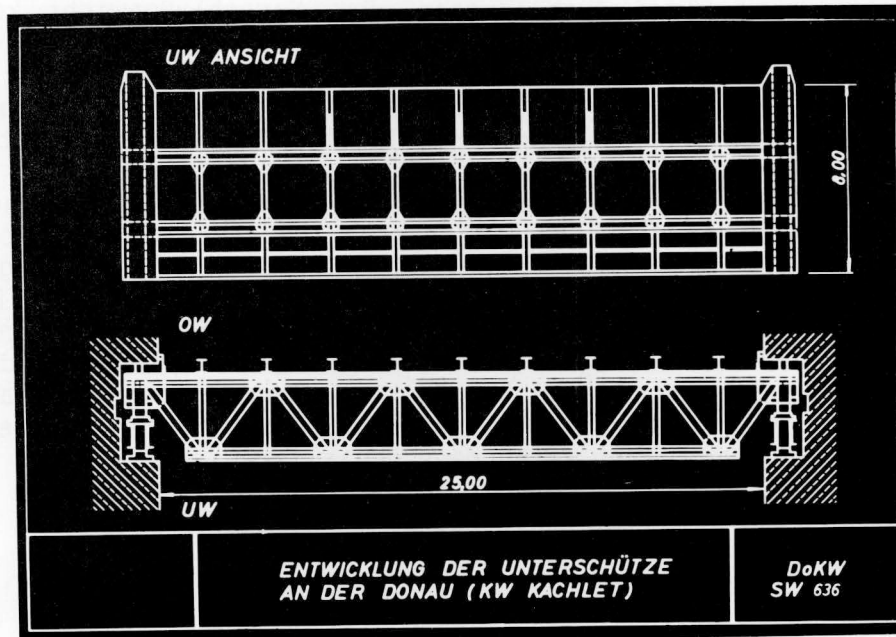


Bild 12: Unterschütz-Konstruktion Schleuse Kachlet

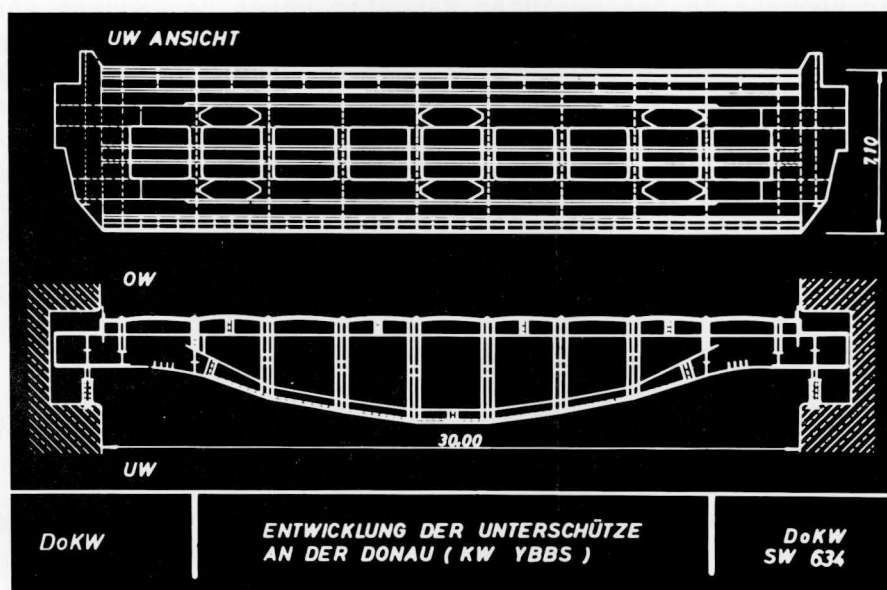


Bild 13: Unterschütz-Konstruktion Schleuse Ybbs

Betrachten wir kurz die konstruktive Entwicklung der tragenden Untertafel, die bei gleicher Aufgabenstellung - und daher direkt vergleichbar - zwischen 1925 und 1950 wenig Veränderungen erfuhr (Bild 12).

Der Übergang von der Nietkonstruktion auf die geschweißte Bauweise und der Trend in Europa zur Materialeinsparung waren hier sichtbar am Werk (Bild 13). Aus den doch etwas unklar und kompliziert anmutenden Fachwerkkonstruktionen der Hauptträger und der versteifenden Verbände wurden, dank der durch das Schweißen ermöglichten einfacheren Anschlüsse und Knoten, auch einfachere und klare Ausbildungen. Das Verschlussgewicht konnte von  $0,71 \text{ t/m}^2$  auf  $0,63 \text{ t/m}^2$  also um über 10 %, ermäßigt werden.

Bei einer 1954 in Österreich entwickelten Konstruktion für Ybbs wurde erstmals die Stauwand nicht nur zur primären lokalen Aufnahme des Lastangriffes herangezogen, sondern mit dem Haupttragsystem zu einem gemeinsam tragenden Staukörper verbunden. Der Hauptlastangriff (Wasserdruck) ist eine Gleichlast. Für diese ist der Bogen das klassische Tragsystem. Die Anwendung des Bogens in der Stauwand eliminiert bei Gleichlastangriff die Biegespannung der Stauwand. Setzt man daher in die Stauwand eine Reihe von Bogen mit gleichem horizontalen Schub nebeneinander, so hebt sich dieser untereinander auf. Der Schub der Endbogen spannt bei entsprechender Wahl des Haupttragsystems den Gegengurt (Zuggurt). Diese Ausführung brachte tatsächlich eine recht bedeutende weitere Gewichtseinsparung von 8 bis 10 % des Gewichtes der Untertafel. Der damit verbundene preisliche Vorteil wurde durch die größere Werkstattarbeit geschmälert. Die Lohnentwicklung machte schon 15 Jahre später (ab ca. 1970) die Wellstauwand unwirtschaftlich.

Es ist vielleicht ganz interessant daran zu erinnern, daß zu der Zeit, als man schon recht ausgereifte Schweißkonstruktionen plante und ausführte (1955), die Montageschweißung an der Baustelle in Deutschland und Österreich bei Stahlwasserbauten noch verboten war.

Ein markanter Fortschritt zeigte sich auch bei der Ausführung der hochbeanspruchten Laufwagenrahmen (Bild 14). Die Entwicklung der Schweißtechnik ermöglichte es, diese bisher ausschließlich in Stahlguß ausgeführten Konstruktionen nunmehr in geschweißter Bauweise unter Verwendung von Blechdicken auch über 30 mm auszuführen. Bleche sind wesentlich weniger fehleranfällig als Stahlgußgebilde, erfordern aber wegen der hohen Wärmeeinbringung beim Schweißen die genaue Einhaltung der aus Erfahrung gewonnenen festzulegenden Schweißvorschriften (Nahtausbildung, Reihenfolge der Ausführung, Nachbehandlung etc.) und ein "Spannungsarmglühen" zur Beseitigung der durch das Schweißen entstandenen Eigenspannungen. Strenge Prüfungen mit Einsatz der modernsten Prüfgeräte (Ultraschall, Röntgen etc.) sind selbstverständlich. Auch die Ausbildung des sogenannten "Wehrkopfes", in dem Zug- und Druckgurt der Konstruktion im Bereich der Pfeilernische zusammenkommen (Ort der größten Querkraft), als Schweißkonstruktion bietet viele Vorteile, erfordert aber ähnliche Sicherheitsmaßnahmen.

Hand in Hand mit der Entwicklung der Stahlkonstruktionen ging auch der Fortschritt beim zugehörigen Maschinenbau:

- Die Laufrollenlagerung wendete sich vom Nadellager ab zum Pendelrollenlager hin.

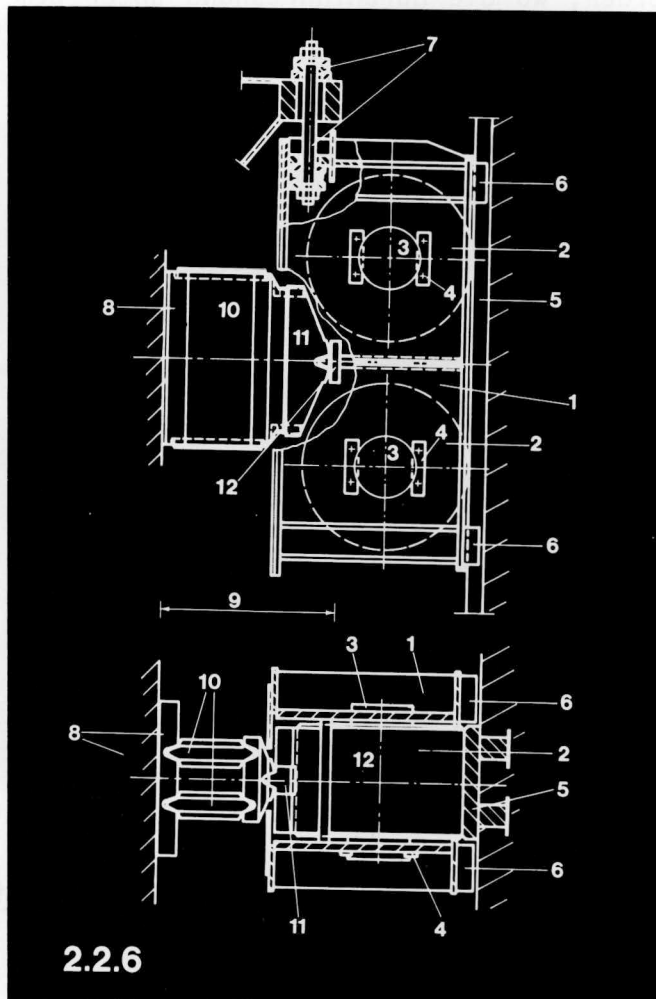


Bild 14: Schema eines Laufwagens

- zur möglichen Verkleinerung der Niscentiefe trug der Übergang von der einfachen zur doppelten Kippstelze bei, die die Exzentrizität der Kraft-einleitung bei Längsbewegungen des Verschlusses auf die Hälfte reduzier-te.
- bei den Gall'schen Ketten wurden durch verbesserte Materialpaarung bzw. durch Ausbuchtungen der Laschen die Auswirkungen der Flexuren vermindert. Die Anwendung von Triebstockketten, die solche Flexuren unter Last über-haupt vermeiden lassen, packte das Übel sozusagen bei der Wurzel.

## 6 Sonderkonstruktionen

Bevor wir uns von den Hubtoren verabschieden, möchte ich auch hier der Vollständigkeit halber auf Sonderkonstruktionen hinweisen, die sich im ge-gebenen Fall durchaus bewährt haben:

- Von Neckarschleusen und auch von der Schleuse Wien des Donaukanals sind sogenannte Hub-Drehtore bekannt, deren Funktion auf dem Bild 15 erkennbar ist. Von besonderem Vorteil ist es, daß die hohen Aufbauten von Hubtoren



vermieden werden. Sie können überall dort als Unterhauptverschluß vorteilhaft angewendet werden, wo die Durchfahrtshöhe unter dem umgelegten Verschluß - von dem es allerdings recht unangenehm herabtröpfelt - ausreicht.

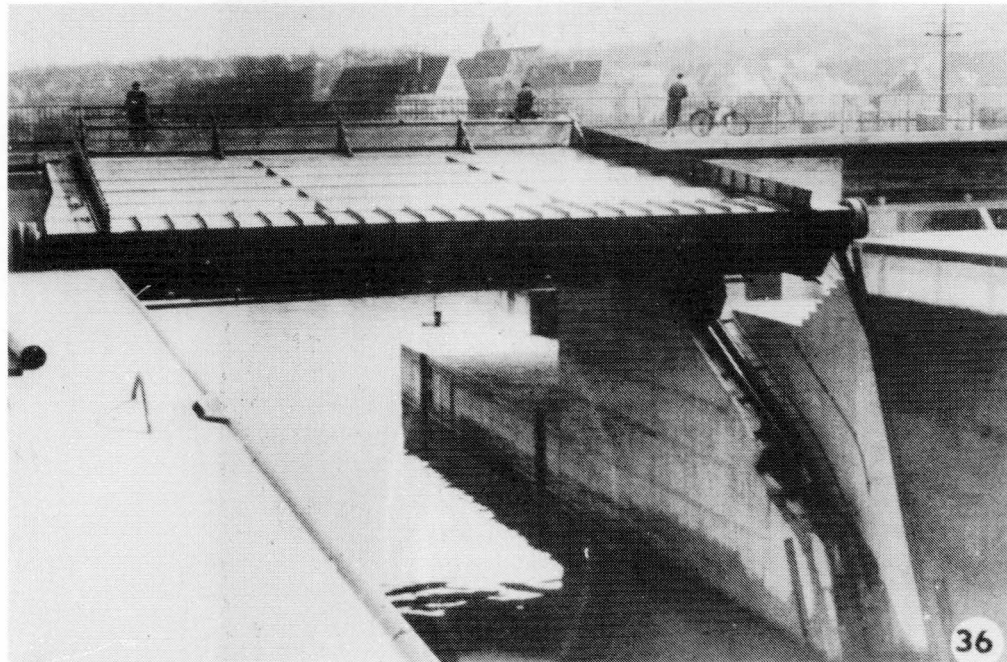


Bild 15: Hub-Drehtor

- In Frankreich ist bei Rhône-schleusen im Unterhaupt ein halbzylinderförmiges Hubtor ausgeführt worden.

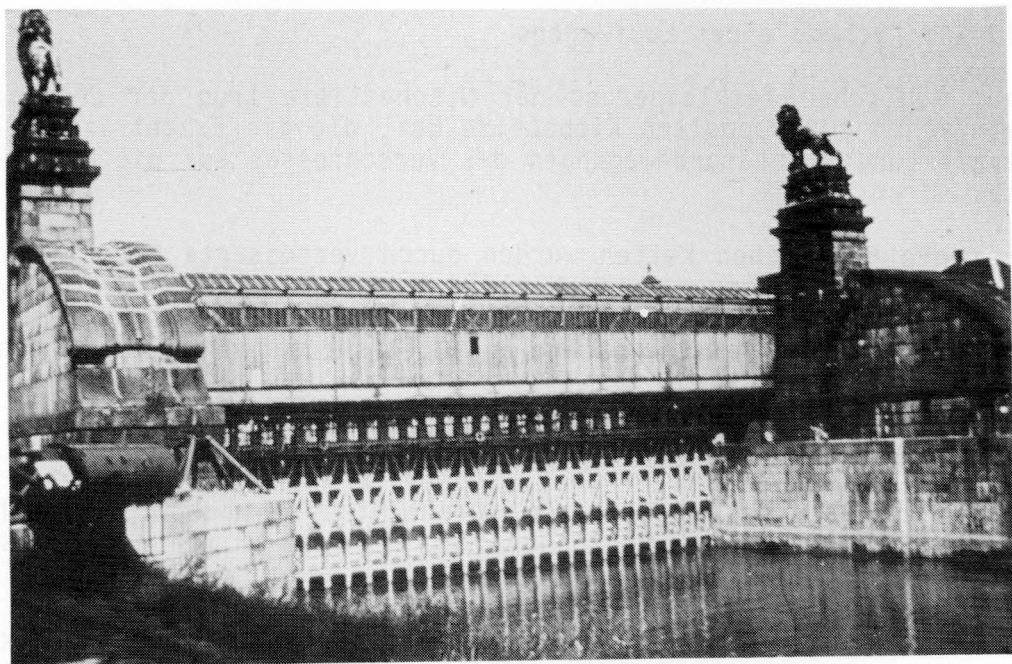


Bild 16: Nadelwehr bei Wien, Donaukanal

Um auch noch die geschichtliche Entwicklung zu vervollständigen, darf man eigentlich nicht die früher häufig angewendeten Nadelwehre vergessen. Zwischen den schräggestellten Nadeln, die entweder von einem Stützbock gehalten werden oder unten in einem Falz gelagert und oben gegen einen Tragbalken abgestützt sind, wurden verhältnismäßig schmale kleine Hubverschlüsse eingefädelt. Dieser Verschuß neigte dadurch zur Verklausung. Ein dahingehend verbessertes Nadelwehr, bei dem die Nadeln zu einem herausdrehbaren Rahmen verbunden waren – es handelt sich also eigentlich um einen Hub-Dreh-Verschuß – war bis vor ca. 20 Jahren im Donaukanal bei Wien in Betrieb (Bild 16). Es wurde dann unter Beibehaltung des Jugendstilüberbaues mit dessen charakteristischen Löwen durch ein heute so modernes Segmentwehr (Bild 17) ersetzt.

Diese Drehverschlüsse mit fixierter Achse – ein Nachteil dieser Verschlüsse, wenn man im Zuge des Baugeschehens die Wehrschwelle mit steigendem Stau aufhöhen will und ein Vorteil des Hubtores – bilden den letzten Teil meiner Entwicklungsgeschichte der Verschlüsse.

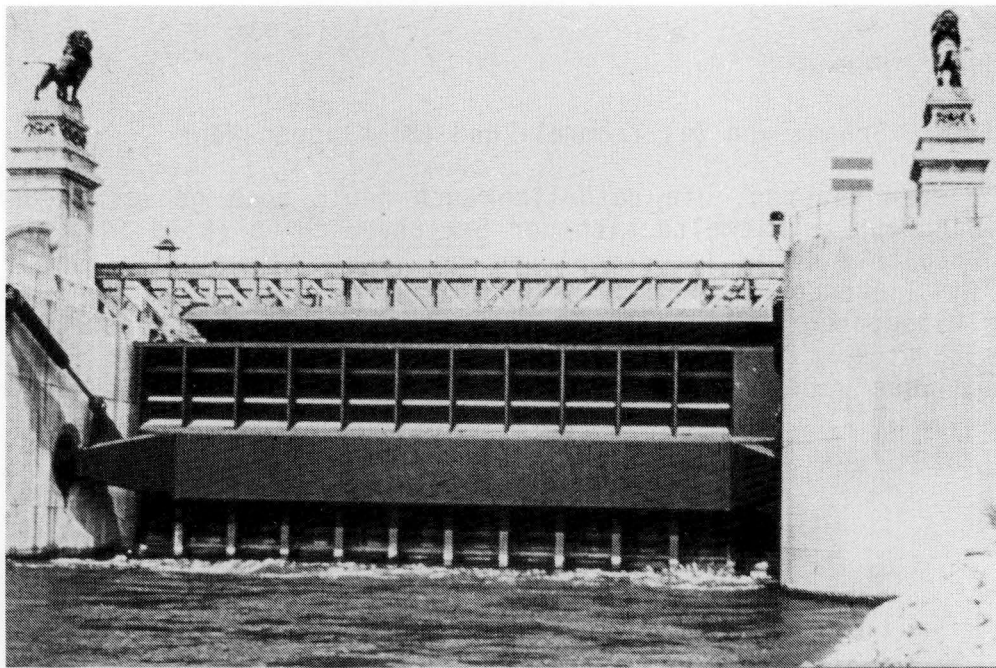


Bild 17: Modernes Segmenttor bei Wien, Donaukanal, als Ersatz

## 7 Drehverschlüsse

Die historische Entwicklung dieser Drehverschlüsse beginnt mit den einfachen Klappen. Die ältest-bekannte ist wieder ein Schleusenverschuß. Die Thenardsche Klappe wurde von drehbar gelagerten Stützen gehalten. Wurden diese ausgeklinkt, fiel die Klappe um und die Schiffe schwammen auf der ausströmenden Welle davon (Bild 18).

Selbsttätige Klappen wurden schon zu Beginn des 19. Jahrhunderts gebaut. In dem bereits erwähnten Buch aus dem Jahre 1897 ist erwähnt, daß die am Bild gezeigten Trommelwehre eines Monsieur Desfontaines erfolgreich angewendet werden. Hier handelt es sich schon fast um ein Sektorwehr.

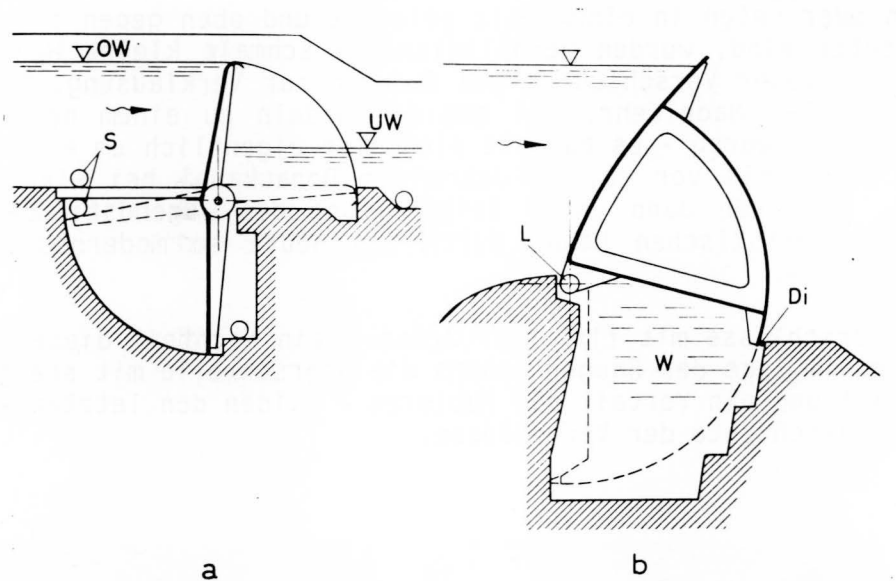


Bild 18: Schema von (a) Trommel- und (b) Klappen-Wehr

Aus diesen Klappen, die natürlich auch heute noch gebaut werden, und aus dem Dachwehr entwickelte sich der Sektorverschluß (Bild 19). Bei ihm liegt die Drehachse immer im Drempel und der Verschluß selbst schließt einen unter ihm liegenden Raum meist dicht ab, damit dieser Raum zur Steuerung mittels Wasserdruck verwendet werden kann. Ich komme auf diesen Sektor nochmals zurück, möchte aber den wohl wichtigsten der derzeit üblichen "Drehverschlüsse", den Segmentverschluß, vorziehen (Bild 20). Bei ihm ist die

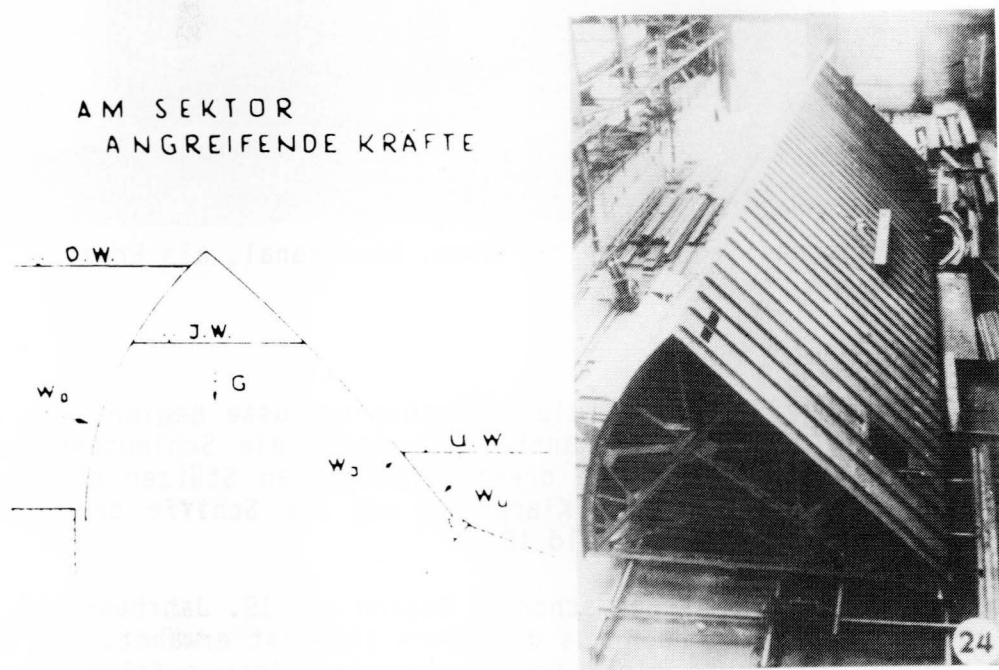


Bild 19: Schema und Bild des Sektor-Verschlusses

Drehachse nur über radiale Hubarme mit der segmentförmigen Stauwand verbunden. Es ist in seiner Urform, als einteiliges Segment, das "Tainter-gate", in USA und den seinerzeitigen Kolonialländern als Wehrverschluß auf einem hohen Wehrhöcker der wohl häufigst angewendete Verschluß. Als solcher ist er nur unterströmt, seine Stützarme werden nie von einem Überfallstrahl getroffen und können daher auch, im Grundriß gesehen, schräg vom Lagerpunkt am Wehrpfeiler zu mehr in Verschlußmitte liegenden Lastangriffspunkten geführt werden, um damit günstige statische Verhältnisse zu schaffen.

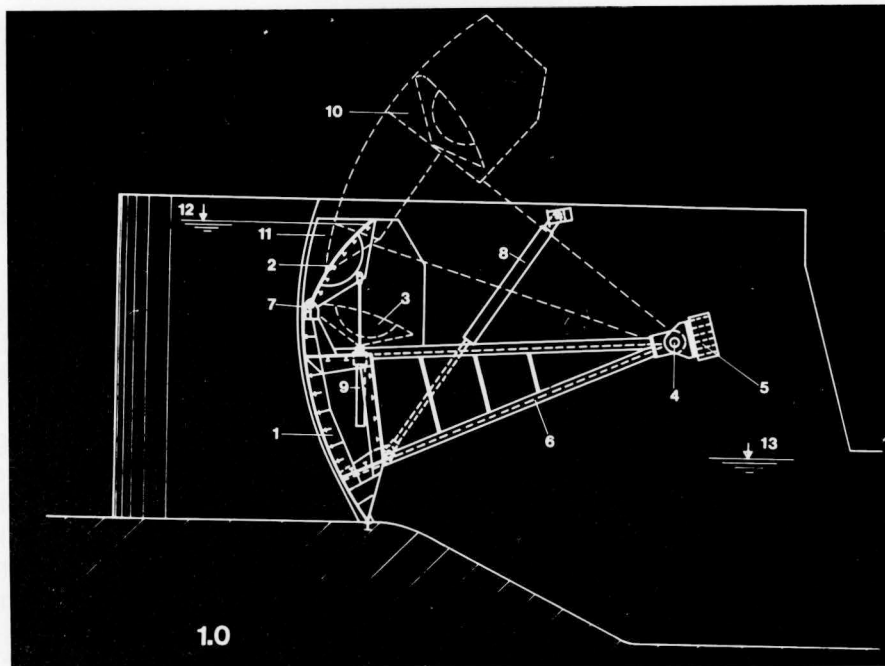


Bild 20: Druck-Segment-Verschluß mit aufgesetzter Klappe (Schema)

Die Auffächerung dieser Stützarme der Höhe nach erlaubt es beim Verschluß, auf horizontale Hauptträger oder einen Torsionskasten zu verzichten. Hierdurch wird ein sehr einfaches und leichtes Verschlußsystem erreicht. Bei gleichen Abmessungen erreicht man hier spezifische Verschlußgewichte von ca.  $0,45 \text{ t/m}^2$  gegenüber den für Hub-Senktore genannten  $0,65$  bis  $0,7 \text{ t/m}^2$ . Als einteiliger Verschluß wird er in USA und in Europa als Senktor im Oberhaupt und als Verschlußorgan in den Füll- und Entleerungskanälen der Schleusen, aber auch bei den großen Küstensperrwerken verwendet.

Die betrieblichen Anforderungen an Wehrverschlüsse sind bei Wasserbauten in den dichtbesiedelten Kulturlandschaften Europas andere als in den Großräumen. Der Feinregulierung des Stauspiegels, die geringeren Stauhöhen, die größere Bedeutung einer unschädlichen Hochwasser-, Geschwemmsel- und Eisabfuhr stellen auch verfeinerte Ansprüche an die betrieblichen Möglichkeiten der Verschlüsse.

Wie bereits erwähnt, hat aber auch die Begrenzung der Länge der Gesamtanlage wesentlichen Einfluß auf die Gestaltung und Auswahl der Verschlüsse. Entwickelte sich das Hubtor in Europa zu einem zweiteiligen Verschluß, so ereilte das Segment hier das gleiche Schicksal - ihm wurde eine Klappe aufgesetzt und damit wurden die Dinge komplizierter. Dies kam allerdings auch ein wenig den phantasiereichen und erfindungsträchtigen mittel- und südeu-



ropäischen Ingenieuren entgegen, die auch durch den scharfen Konkurrenzkampf angeregt, zu immer neuen - manchmal auch verspielten - Lösungen fanden.

Den vielen Vorteilen des Segmentes stehen aber auch Nachteile des einfachen aber insbesondere auch des zweiteiligen - mit aufgesetzter Klappe - gegenüber, die ich, etwas kunterbunt mit den Hubtoren vergleichend, schildern will:

Einer der größten Nachteile ist der, daß bei ihm der Wasserdruck spazierend geführt wird. Zuerst wird er, wie bei einem Hubtor, von der Stauwand aufgenommen und über die Tragkonstruktion zur Seitenwand geführt. Während beim Hubtor eine tiefe Nische erforderlich ist, um die Kräfte ins Mauerwerk abzuführen, kann die baulich unangenehme, die Pfeilerstärke oft stark beeinflussende Nische beim Segment vermieden werden. Der Nachteil besteht darin, daß der Wasserdruck an Stützarme abgegeben wird, die - knapp neben der Mauerflucht liegend - diese Kräfte zu den Drehpunkten leiten, wo sie konzentriert in großen Lagern aufgenommen werden.

Bei Sperrwerken sind die Doppelsegmente an mehreren Punkten einer durchgehenden Tragkonstruktion (Brücke) gelagert. Dort kommt der Vorteil dieser Verschlußart voll zum Tragen. Bei Wehranlagen in Flußkraftwerken hingegen ist der ganze Wasserdruck einer Seite in einem Lager konzentriert. Das sind oft 1000 bis 2000 t. Dieser Drehpunkt liegt über dem Wasserspiegel auf einem kurzen Kragträger, über den die Kraft in den Baukörper eingeleitet wird. Bei einem Drucksegment bei üblichen Wehranlagen liegt dieser Drehpunkt am unterwasserseitigen Ende des Baukörpers, wo praktisch keine Masse mehr vorhanden ist, um diese gewaltigen Kräfte in den Untergrund abführen zu können. Diese müssen daher innerhalb des Wehrpfeilers durch eine Vorspannkonstruktion wieder nach Oberwasser gezogen werden, wo wir sie vorher schon beinahe hatten. Es sind dies für ein Drucksegment sicherlich die schlechtesten Anlageverhältnisse, sie sind aber sehr häufig.

Außer den noch zu berichtenden Vorteilen ist sicherlich von Einfluß, daß heute eben Segmentverschlüsse "in" sind und man darin Erfahrung hat, was hoch bewertet werden muß. Die Vorteile dieser Verschlußart sind: ebenfalls klare statische Verhältnisse bei großer Torsionssteifigkeit; keine Gleichlaufprobleme beim Antrieb; form- und geometriebedingt günstige Antriebskräfte; die Konzentration der "Bewegung unter Last" auf den Lagerort, der außerdem außerhalb des Wassers liegt. Sie vereinfachen gegenüber einem Hubtor bei den heute vorhandenen Materialien alle Probleme der Reibung und von Verklemmungen in den Nischen, auch die klare Linienführung der Dichtung und der Entfall der schleifenden Brustdichtung sind konstruktive und betriebliche Vorteile. Die unkomplizierte Anwendungsmöglichkeit des ölhydraulischen Kolbenantriebes wiegt den Nachteil eines größeren Verschlußgewichtes ( $0,65 \text{ t/m}^2$  gegenüber  $0,63 \text{ t/m}^2$ ) sicherlich auf.

Das Abfuhrvermögen durch Überfallstrahl ist bei diesem Verschluß allerdings wesentlich geringer als bei einem Hakenschütz. Dies ist bedingt durch die wechselnde und nur in der umgelegten Lage günstige Form der Klappe und auch durch die seitliche, in das Abfuhrprofil hereingeschobene Seitendichtungsfläche, die den Strahl von den dort liegenden Hubzylindern ablenken muß. Außerdem benötigt der Überfallstrahl eine seitliche Belüftung, die dadurch gesichert ist. Darüber hinaus ist auch die Klappenhöhe im Verhältnis zur Gesamtverschlußhöhe konstruktiv bedingt kleiner als beim Hub-Senkter (30 %

statt 45). Alle diese Vor- und Nachteile beeinflussen je nach Anlageverhältnissen die Wahl des Verschlusssystems.

Das bekannte Drehsegmenttor in der Mainschleuse bei Würzburg erlaubt die Kombination mit der Schleusenfüllung. Ein konstruktiv ähnlicher Verschuß fand auch beim Themsesperrwerk in London Verwendung.

Das Zugsegment, wie es bei den Wehren der RMD und nach eingehenden Versuchen hier in Karlsruhe auch beim Saarausbau zur Anwendung kam, weist konstruktiv viele Vorteile gegenüber dem Drucksegment auf und vermeidet baulich die unnötige Verlängerung des Wehrpfeilers nach Unterwasser (Bild 21). Naturgemäß kann auch die aufwendige Vorspannung, die namentlich im Wasserbau nicht gern gesehen ist, entfallen. Nachteilig ist das ständig im Wasser liegende unzugängliche Drehlager – ein Problem das aber heute offensichtlich gelöst ist. Betrieblich nachteilig ist es, daß der Anwendung des ölhydraulischen Kolbenantriebs Grenzen gesetzt sind, da ja der Kolben und wohl auch meist der Zylinder ganz oder zeitweise ins Wasser tauchen, was, wegen der Verschmutzung und wenn mit Eisgang zu rechnen ist, nicht ohne Probleme ist. Man wird diesen, auch aus Naturschutzgründen bevorzugten Segmentverschluß – grüne technikfeindliche Augen finden Stützarme und Zylinder abscheulich – mit elektromechanischen Kettenantrieben ausstatten.

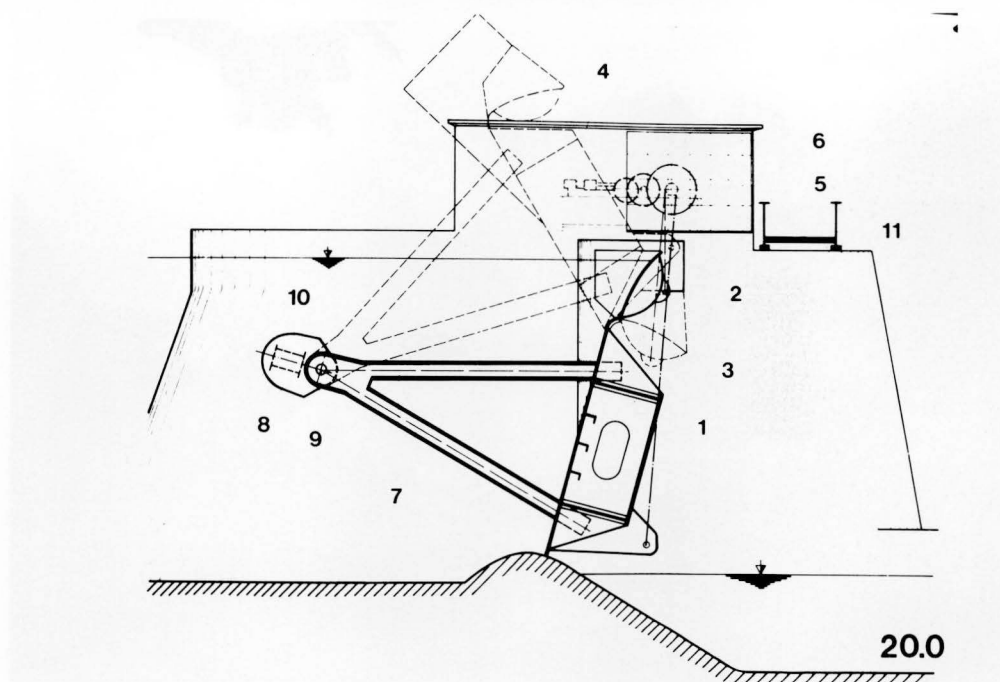


Bild 21: Zugsegment-Verschluß

Wie versprochen nun zurück zum Sektorverschluß. Er ist immer unter das Stauziel absenkbar. Beim Ausbau der Mosel wurde er meines Wissens insbesondere aus Naturschutzgründen ausgewählt, weil er, bei Anwendung einer halb- oder ganz automatischen Steuerung, so wie auch das Stemmtor, keine Aufbauten über der Wasserlinie benötigt. Diese Steuerung ist im Betrieb nicht ganz unproblematisch, weil sie weitgehend von der Dichtheit des Stellerraumes unterhalb des Verschlusses abhängig ist. Zufällig kam ich gerade vorbei, als sich auch hier offensichtlich eine Verriegelung als zu schwach erwies und ein Sektor eine Moselfahrt (nicht aus Liebeskummer, sondern) aus technischen Gründen unternahm. Ein Schwimmkran hat den Ausreißer aufgehoben

und zu seinem vereinsamten Einsatzort zurückgebracht. Auch aus diesem Schadensfall wird man einiges an wichtiger Erfahrung für den Fortschritt gewonnen haben.

Das Prinzip des wasserdruckgesteuerten Sektortores, aber jetzt mit stehender Drehachse, wird beim Sektordrehtor bei Schleusen angewendet.

Das Schiebetor ist der in Seeschleusen häufigst angewendete Verschuß. Wie das Stemmtor, mit dem wir begonnen haben, wird auch es im Normalfall nicht gegen Strömung und Wasserdruck bewegt. In geöffneter Stellung steht es in einer Nische quer zur Kammer und wird zum Verschließen aus dieser in Torlängsrichtung auf einer Rollbahn in die Kammer verschoben, bis es auf der Gegenseite einen dichtenden Anschluß und ein Auflager gefunden hat. Das Verschieben erfolgt entweder auf unteren Rollwagen oder wie ein Schubkarren oder hängend bzw. in Kombination dieser Möglichkeiten. Meist erleichtern Schwimmkammern das große Eigengewicht dieser Verschlüsse. Dies ist deshalb unschwer möglich, weil ja Teile des Tores ständig im Wasser liegen.

Damit bin ich nun mit den Stahlbauverschlüssen endgültig zu einem Ende gekommen. Es bleibt nur noch der Vollständigkeit halber übrig, zu erwähnen, daß viele dieser gezeigten und beschriebenen Verschußsysteme in Trockendocks, Schiffshebewerken und Schiffsaufzügen angewendet werden.



Bild 22: Stauanlage Kops

Als fremdenverkehrsbeußer Österreicher darf ich aber auch nicht vergessen, Ihnen mit diesen letzten Bildern in Erinnerung zu rufen, daß auch in diesen Stauanlagen der Alpen Stahlwasserbauverschlüsse unter höchster Beanspruchung bei den Grundablässen, in Druckrohrleitungen und bei der Hochwasserentlastung im Einsatz stehen. Ich würde mich freuen, wenn ich Ihnen das und unsere Wehre und Schleusen an der Donau zeigen dürfte oder Sie sich daran erinnern, wenn Sie in einigen Jahren über den uns verbindenden Rhein-Main-Donaukanal zu uns kommen. Sie verbinden damit eine Fahrt durch die Entwicklungsgeschichte des Stahlwasserbaues. Damit danke ich Ihnen für Ihre freundliche Aufmerksamkeit und wünsche Ihnen eine fröhliche, interessante Reise (Bild 22).